

Alimentación y nutrición animal

Artículo de investigación

Variación en la concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas en época seca en el valle medio del río Sinú

Variation of Soluble Solids Concentration During the Day in Three Pastures During the Dry Season in the Middle River Sinú Valley

Emiro Suárez-Paternina,¹ Sony Reza-García,² Hugo Cuadrado-Capella,³ Iván Pastrana-Vargas,⁴ Manuel Espinosa-Carvajal,⁵ Sergio Mejía-Kerguelén⁶

¹ Zootecnista, Universidad de Sucre. Profesional de apoyo, Corpoica. Cereté, Colombia. esuarez@corpoica.org.co

² PhD, Universidad Politécnica de Madrid. Investigador PhD, Corpoica. Cereté, Córdoba. sreza@corpoica.org.co

³ MSc, Universidad de Córdoba. Investigador máster, Corpoica. Cereté, Colombia. hcuadrado@corpoica.org.co

⁴ MSc, Universidad de Córdoba. Investigador máster, Corpoica. Cereté, Colombia. ipastrana@corpoica.org.co

⁵ MSc, Universidad de Córdoba. Investigador máster, Corpoica. Cereté, Colombia. mespinosa@corpoica.org.co

⁶ PhD, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Investigador PhD, Corpoica. Cereté, Colombia. smejia@corpoica.org.co

Fecha de recepción: 30/01/2014

Fecha de aceptación: 20/05/2015

Para citar este artículo: Suárez-Paternina E, Reza-García S, Cuadrado-Capella H, Pastrana-Vargas I, Espinosa-Carvajal M, Mejía-Kerguelén S. Variación en la concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas en época seca en el valle medio del río Sinú. Corpoica Cienc Tecnol Agropecu. 16(2):181-188

Abstract

The aim of this study was to determine the concentration of soluble solids at different times of the day in three tropical pastures. The experiment was conducted at the Research Center Turipaná of Colombian Agricultural Research Corporation, located in Cereté, Colombia. During January and February of 2011, we assessed the concentration of soluble solids in three fertirrigated pastures: *Panicum maximum*, *Cynodon nlemfuensis* and *Brachiaria* hybrid cv. Mulato II, in an intensive model of meat production at different sampling times 7:00 and 10:00 a. m., 1:00 and 4:00 p.m. The statistical design of the experiment consisted of a block design completely randomized three-factor under 3*3*4 (pasture*stocking*time) and three replicates for each evaluation day. An analysis of variance and differences were statistically significant when the means were separated by Tukey test ($p<0.05$). The analysis found highly significant differences ($p<0.01$) in the concentration of soluble solids in different pastures, in all periods of the day evaluated, with the cultivar Mulato II that presented the highest values with 9.19 %, followed by *Cynodon nlemfuensis* and *Panicum maximum* with 8.27 % and 7.07 %, respectively. The soluble solids concentration varied during the day and between pastures. The time periods close to noon — 10:00 a. m. and 1:00 p. m. — presented the highest concentrations of soluble solids in all pastures; this can be used as a tool for paddock rotation.

Key words: *Panicum maximum*, *Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria*, Solubilization, Hybrids, Concentrating

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar la concentración de sólidos solubles a diferentes horas del día en tres pasturas, establecidas en el Centro de Investigación Turipaná de Corpoica, localizado en Cereté, Colombia. Durante enero-febrero de 2011, se evaluó la concentración de sólidos solubles en *Panicum maximum*, *Cynodon nlemfuensis* y *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II, en diferentes horas de muestreo 7:00 y 10:00 a. m., 1:00 y 4:00 p. m. El diseño estadístico consistió en bloques completamente al azar con arreglo trifactorial 3*3*4 (pastura*carga animal*tiempo) y tres repeticiones correspondientes a cada día de evaluación. Se realizó análisis de varianza y, cuando existieron diferencias en las medias, fueron separadas con la prueba de Tukey ($p<0,05$). Se detectaron diferencias ($p<0,01$) en la concentración de sólidos solubles en las diferentes pasturas, en todos los períodos del día evaluados, siendo el Mulato II quien presentó los mayores valores con 9,19 %, seguido por *Cynodon nlemfuensis* y *Panicum maximum* con 8,27 % y 7,07 %, respectivamente. La concentración de sólidos solubles varió durante el día y entre pasturas, siendo las 10:00 a. m. y 1:00 p. m. las horas donde se presentaron las mayores concentraciones de sólidos solubles en todas las pasturas, lo que se puede convertir en herramienta de manejo para la rotación de potreros.

Palabras clave: *Panicum maximum*, *Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria*, solubilización, híbridos, concentración

Introducción

La producción de carne en las zonas tropicales se sustenta en el uso de pastos y forrajes, los cuales constituyen la fuente de nutrimentos más económica que puede consumir un rumiante. La utilización eficiente de los pastos se fundamenta en el manejo que se les brinde, para lo cual se debe conocer la fenología de las plantas para así aprovecharla en el momento en que tienen mayor contenido de nutrientes y, a la vez, tener suficientes reservas de carbohidratos solubles en las coronas para sobreponerse a la defoliación causada por el pastoreo y continuar con un nuevo ciclo de crecimiento (Villalobos y Sánchez 2010). Los sólidos solubles son una fuente energética de rápida fermentación la cual es utilizada por los microorganismos del rumen para convertir el amonio en proteína microbiana, por ello una limitación en el aporte de energía generaría problemas en la producción animal.

Los pastos y forrajes difieren en cuanto a su valor nutricional, ya que este varía según sea su estado de madurez a la cosecha (Hannaway et al. 1999). Fulkerson et al. (1998) indican que, para tener un buen valor nutricional de los forrajes, sus contenidos de carbohidratos estructurales deben ser bajos y degradables; el contenido de carbohidratos solubles alto y en balance con los aminoácidos; la proteína debe ser de baja degradabilidad ruminal, que implica mayor proteína de sobrepaso, con contenido de lípidos superior al 5 % de la materia seca y niveles de taninos inferiores a 6 %; condiciones que no son fáciles de lograr en zonas tropicales.

Las plantas forrajeras se pueden clasificar en función de su metabolismo fotosintético, aquellas cuyos productos iniciales de la fotosíntesis son azúcares de 3 carbonos C3 y las que producen compuestos de 4 carbonos C4. Estas últimas presentan mayor eficiencia en el uso del agua y en la capacidad de crecimiento y, de esta manera, presentan habitualmente menores contenidos en materias nitrogenadas que las C3 (Van Soest 1994; Jarrige et al. 1995). Por otra parte, se han descrito variaciones diurnas en la composición química de las plantas. Así, es sabido que el contenido en azúcares aumenta a lo largo del día, dado que la tasa de fotosíntesis excede el ritmo de respiración y de fijación de carbono (Smith 1973; Ciavarella et al. 2000). En este sentido, Cajarville et al. (2007), en Montevideo, Uruguay, evaluaron el horario de corte y el tipo de metabolismo fotosintético en pasturas C3 y C4, estos observaron diferencias ($p < 0,001$) en el contenido de azúcares y en la relación azúcares/N ($p < 0,001$), los cuales aumentaron al transcurrir el día; de igual forma,

Velásquez et al. (2003), al validar una metodología para determinar en campo el contenido de carbohidratos solubles en gramíneas tropicales, encontraron diferencias ($p < 0,001$) en cuanto a los días de rebrote; sin embargo, para las horas diurnas no reportaron diferencias ($p > 0,05$). El contenido de carbohidratos (solubles y estructurales) y los compuestos nitrogenados constituyen indicadores bioquímicos que reflejan el grado de actividad metabólica y la calidad de los pastos, junto a otros indicadores morfo-fisiológicos, contribuyen a explicar la acción limitante de los factores de manejo en los sistemas de producción; por ello, el objetivo del presente estudio fue estimar en campo la variación en la concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas en época seca en el valle medio del río Sinú.

Materiales y métodos

Se diseñó un experimento en campo, aprovechando las instalaciones de potreros con diferentes pasturas y cargas animales, a fin de evaluar el efecto de la hora del día en la concentración de sólidos solubles en las pasturas.

Localización

El estudio se realizó en el Centro de Investigación Turipaná, de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), localizado a $8^{\circ} 50' 79''$ de latitud N y $75^{\circ} 47' 58''$ de longitud O (municipio de Cereté, Córdoba, Colombia); clasificado como bosque seco tropical (Holdridge 1978), a 14 msnm, temperatura promedio de $27,5^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de 81 % y precipitación promedio anual de 1.340 mm. Las evaluaciones se realizaron durante los meses de enero y febrero del año 2011, que corresponden al período poco lluvioso; el suelo es de topografía plana, clasificado como franco arcilloso.

Caracterización del sistema

El estudio se realizó en un modelo de producción de carne bajo pastoreo con base en el aprovechamiento intensivo y racional del área y de las pasturas a través de cortos períodos de ocupación (3 días) y de descanso (21 días) en un área de 18 ha, las cuales fueron divididas en tres bloques de 6 ha; cada bloque fue dividido en tres franjas de 2 ha, que correspondían a los tratamientos evaluados (5, 6 y 7 animales ha^{-1}); y cada franja estaba dividida en 8 potreros.

Se evaluaron nueve tratamientos que resultaron de la combinación de tres gramíneas, (*Panicum maximum* cv. Mombasa, *Cynodon nlemfuensis* y *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II y tres cargas animales (5, 6 y 7 animales ha⁻¹).

Manejo de la pradera

Después de realizar la fertilización básica que corrigió y ajustó los desbalances entre los nutrientes del suelo, se realizaron fertilizaciones para mantenimiento y rendimiento de la pastura. La frecuencia de aplicación estuvo dada con base en la movilidad de los nutrientes; como el nitrógeno es muy móvil, su frecuencia de aplicación se realizó después de cada ciclo de pastoreo de 24 días (3 de ocupación y 21 de descanso), utilizando 100 kg N/ha⁻¹ durante el período experimental.

Variables evaluadas

Disponibilidad de materia seca. Se realizaron aforos de disponibilidad por frecuencia en el potrero próximo a pastorear, utilizando la metodología propuesta por Franco et al. (2006), en la cual se identificaron cinco escalas en la biomasa empleando un marco de 0,25 m²; a cada escala se le asignó una calificación de 1-5, en donde 1 corresponde a baja disponibilidad de biomasa y 5 a mayor disponibilidad; cada escala fue cortada y pesada, y se realizaron 40 lanzamientos al azar por ha. La determinación del porcentaje de materia seca fue hecha mediante ventilación forzada en una estufa a 63 °C durante 72 horas, con una muestra de 250 g de forraje verde.

Composición química y degradabilidad *in situ* de la materia seca. La calidad nutritiva del forraje se determinó una sola vez durante el ciclo de ceba; las muestras se colectaron a través del método de simulación de pastoreo (*hand plucking*) y se colectaron 500 g por muestra. El procesamiento de las muestras se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de Corpoica CI Turipaná, en donde se determinó proteína cruda, fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y lignina según el método de la Association of Analytical Communities (2005) y la degradabilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) según la técnica de la bolsa de nylon descrita por Orskov et al. (1980).

Sólidos solubles. Cuatro tiempos de muestreo fueron utilizados durante el día (7:00, 10:00 a. m. 1:00 y 4:00 p. m.), para medir la variación de los carbohidratos solubles; en cada medición, se cosecharon al azar 500 g del tercio superior de la hoja de cada pastura, con lo que se simuló

el pastoreo del ganado. Las muestras se tomaron en potreros de 21 días de descanso, descartando las orillas, para eliminar el efecto borde; posteriormente, se tomaron 50 g como submuestra para ser picados y macerados en un crisol; se adicionaron 0,25 ml de agua, para facilitar la maceración del forraje en las horas de 1:00 p. m. y 4:00 p. m., en las que el bajo contenido de humedad del forraje dificultaba sustraer el extracto. Del macerado obtenido, se utilizó una gota que se colocó sobre la pista del refractómetro (Pocket refractometer PAL-1) y se realizaron tres lecturas para cada material.

Diseño experimental

El diseño estadístico del experimento consistió en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo trifactorial 3*3*4, producto de tres cargas animales, tres pasturas y cuatro tiempos de observaciones durante el día (pastura*carga animal*tiempo) y tres repeticiones correspondientes a cada día de evaluación, para un total de 108 unidades experimentales.

A continuación, se relaciona el modelo matemático del diseño experimental utilizado para el análisis de los datos:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + P_j + C_k + (PC)_{jk} + T_l + (PT)_{jl} + (CT)_{kl} + (PCT)_{jkl} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde

Y_{ijkl} : variable respuesta

μ : media general del experimento

β_i : efecto i-ésimo del bloque

P_j : efecto j-ésimo del factor pastura

C_k : efecto k-ésimo del factor carga animal

$(PC)_{jk}$: interacción pastura por carga animal

T_l : efecto l-ésimo del factor tiempo

$(PT)_{jl}$: interacción pastura por tiempo

$(CT)_{kl}$: interacción carga animal por tiempo

$(PCT)_{jkl}$: interacción pastura por carga animal por tiempo

ϵ_{ijkl} : error experimental

Análisis de los datos

Se realizó un análisis de varianza (Anova) mediante el programa SAS y, cuando existieron diferencias estadísticas significativas, las medias fueron separadas con la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados y discusión

Con el presente estudio, se pretendió establecer el efecto de la hora del día sobre la concentración de sólidos solubles en diferentes pasturas manejadas bajo diferente carga animal, a continuación se presentan los resultados obtenidos.

Disponibilidad de forraje

El rendimiento promedio de materia seca se observa en la tabla 1. La tendencia que se observa, en las tres pasturas evaluadas, es que, en la medida que se incrementa la carga animal, la disponibilidad de forraje disminuye. Al promediarse los valores de materia seca en las tres cargas, se observó que el pasto *B. híbrido cv. Mulato II*, presentó los mayores rendimientos con 2.739,12 kg MS ha⁻¹, lo cual representó un incremento del 20,8 % y 30,4 %, con relación a los obtenidos con pasto *C. nlemfuensis* y *P. maximum cv. Mombasa*, respectivamente.

Composición química y degradabilidad *in situ* de la materia seca

En la tabla 1 se presenta la composición química y degradabilidad *in situ* de la materia seca de las pasturas evaluadas. El porcentaje de proteína bruta varió entre

pasturas siendo *C. nlemfuensis* y *B. híbrido cv. Mulato II*, las que presentaron los mayores valores con 13,86 % y 13,62 % y en última instancia *P. maximum cv. Mombasa* con 11,22 %. Cabe anotar que estos valores son buenos para gramíneas tropicales ya que los rumiantes requieren de un mínimo de 7% de proteína cruda en la dieta, para que el consumo y la digestibilidad de la materia seca sean óptimos (Sánchez 1998).

Las fracciones de FDN y FDA halladas en *B. híbrido cv. Mulato II*, presentaron los menores valores 52,87 % y 30,96 %, con relación a las otras pasturas evaluadas; esto indica que el pasto *B. híbrido cv. Mulato II* es más aprovechable por el animal y aporta mayor energía a los animales. Sin embargo, los valores de FDN y FDA del pasto *C. nlemfuensis* y *P. maximum cv. Mombasa* son considerados aceptables para gramíneas tropicales (Argel et al. 2007).

La degradabilidad *in situ* de la materia seca fue mucho mayor en el *B. híbrido cv. Mulato II* que en las demás pasturas, diferenciándose en 15,62 y 12,37 unidades porcentuales de digestibilidad del pasto *C. nlemfuensis* y *P. maximum cv. Mombasa*, respectivamente. Estos resultados se deben a que el pasto *B. híbrido cv. Mulato II*, presentó los menores contenidos de FDN, lo cual le permite a esta pastura tener un contenido de componentes intracelulares mayor.

Tabla 1. Rendimiento promedio de materia seca en tres pasturas con tres cargas animales en época seca en el valle medio del río Sinú

Pastura	Animales ha ⁻¹	kg MS ha ⁻¹
<i>B. híbrido cv. Mulato II</i>	5	3.374,95 a
	6	2.640,03 b
	7	2.202,38 c
	Promedio	2.739,12
<i>C. nlemfuensis</i>	5	2.270,37 a
	6	2.083,80 a
	7	2.153,07 a
	Promedio	2.169,08
<i>P. maximum cv. Mombasa</i>	5	2.384,94 a
	6	1.918,98 ab
	7	1.412,72 b
	Promedio	1.905,55

Letras diferentes en las columnas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p < 0,05).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Composición química y degradabilidad *in situ* de la materia seca de tres pasturas en época seca en el valle medio del río Sinú

Pastura	Proteína (%)	FDN (%)	FDA (%)	Degradabilidad <i>in situ</i> (%)
<i>B.</i> híbrido cv. Mulato II	13,62	52,87	30,96	69,87
<i>C. nlemfuensis</i>	13,86	65,64	39,86	54,25
<i>P. maximum</i> cv. Mombasa	11,22	63,32	39,29	57,50

Fuente: Elaboración propia

Variación en las concentraciones de sólidos solubles

En la tabla 3 se presentan las concentraciones de sólidos solubles en las diferentes pasturas, nótese que el análisis estadístico presentó diferencias significativas ($p < 0,01$) en los periodos evaluados, siendo el *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II, el que presentó las mayores concentraciones a lo largo del día, seguido por *C. nlemfuensis* y *P. maximum* cv. Mombasa. La mayor concentración de sólidos solubles en el *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II, se debe a la alta capacidad metabólica que tiene esta especie en los procesos de fijación y síntesis de sustancias orgánicas para la formación y funcionamiento de sus estructuras. De

acuerdo con esto, Argel et al. (2007) afirman que el *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II, tiene alta capacidad de enraizamiento, lo cual posiblemente también le permite ser más eficiente en la toma de nutrientes, en este caso de nitrógeno. Así mismo, Del Pozo et al. (2002) señalan que el contenido de carbohidratos solubles y estructurales en los pastos está determinado, en alto grado, por factores metabólicos relacionados con la fotosíntesis, respiración y distribución de nutrientes y se puede modificar en correspondencia con el nivel de nitrógeno en la planta y el estado fisiológico del pastizal, siempre y cuando las condiciones climáticas no sean una limitación.

Tabla 3. Concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas en época seca en el valle medio del río Sinú

Pastura	Concentración de sólidos solubles			
	07:00 a .m.	10:00 a. m.	01:00 p. m.	04:00 p. m.
<i>B.</i> híbrido cv. Mulato II	7,28 a	10,08 a	10,30 a	9,12 a
<i>C. nlemfuensis</i>	6,01 b	8,13 b	9,80 a	9,14 a
<i>P. maximum</i> cv. Mombasa	5,54 b	7,32 b	8,39 b	7,03 b
Probabilidad	0,0062	0,0003	0,0006	0,002
Coefficiente de variación (%)	16,09756	13,14492	9,022552	14,10934
Coefficiente de determinación (r^2)	0,702837	0,785643	0,869446	0,846688

Letras diferentes en las columnas difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

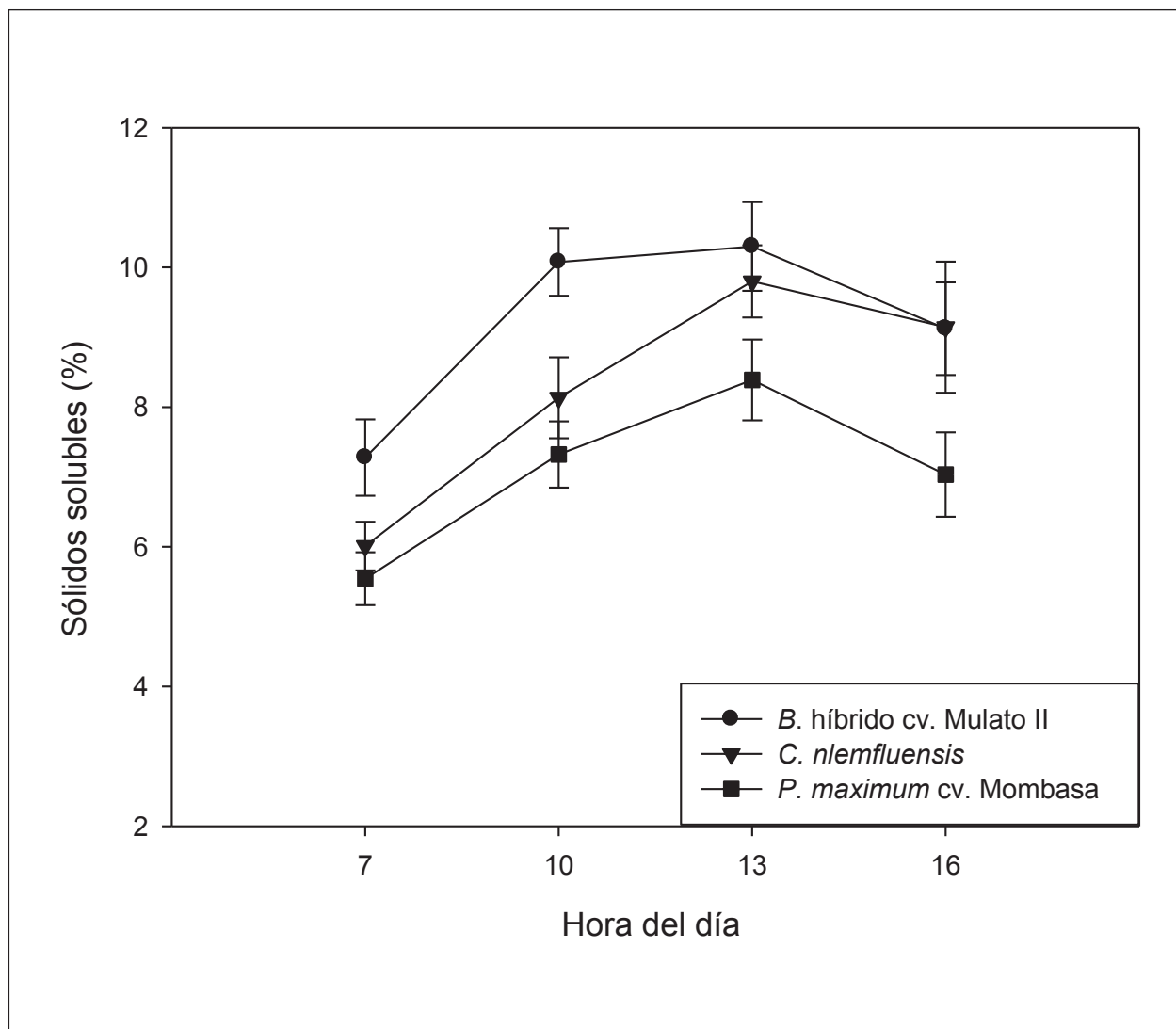


Figura 1. Variación en la concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas fertilizadas en época seca en el valle medio del río Sinú.
Fuente: Elaboración propia

En la figura 1 se observa el incremento de las concentraciones de sólidos solubles en las diferentes pasturas, siendo el *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II, quien presentó las mayores concentraciones en las horas (10:00 a. m. y 1:00 p. m), descendiendo las concentraciones al transcurrir el día en todas las pasturas evaluadas, las variaciones en las concentraciones de carbohidratos solubles se debe al cese de la fotosíntesis con la reducción lumínica en horas de la mañana y al consumo de una parte de los carbohidratos disponibles para mantener las actividades vitales de las plantas durante la noche. Estos resultados difieren de lo reportado por Velásquez et al. (2003), quien evaluó en campo los valores para grados brix del jugo de hojas de cuatro gramíneas forrajeras tropicales

Brachiaria decumbens Stapf., *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf., *Panicum maximum* Jacq. y *Paspalum* spp.; en diferentes tiempos de muestreo durante el día: 6, 9, 12, 15 y 18 horas y cuyo resultado no fue significativo teniendo en cuenta este factor de evaluación. Sin embargo, Cajarville et al. (2007), al evaluar el horario de corte en gramíneas tipo C4, reportaron diferencias ($p < 0,001$) en el contenido de azúcares, los cuales aumentaron al transcurrir el día, comportamiento similar al reportado en este estudio.

En la tabla 4 se observa que la carga animal no afectó la concentración de sólidos solubles en las pasturas evaluadas, ni la hora de evaluación, ya que no se encontraron diferencias estadísticas significativas para este factor ($p > 0,05$).

Tabla 4. Concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas con tres cargas animales en época seca en el valle medio del río Sinú

Animales ha ⁻¹	Concentración de sólidos solubles			
	07:00 a .m.	10:00 a. m.	01:00 p. m.	04:00 p. m.
5	6,21 a	8,44 a	9,44 a	8,74 a
6	6,71 a	8,74 a	9,71 a	7,86 a
7	5,91 a	8,34 a	9,33 a	8,70 a
Probabilidad	0,2662	0,7366	0,6381	0,2336
Coefficiente de variación (%)	16,09756	13,14492	9,022552	14,10934
Coefficiente de determinación (r ²)	0,702837	0,785643	0,869446	0,846688

Letras iguales no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey (p<0,05)
Fuente: Elaboración propia

La aplicación de nitrógeno puede contribuir a aumentar las concentraciones de sólidos solubles, siempre y cuando las cantidades sean las ideales, puesto que en plantas de alta intensidad de crecimiento, fertilizadas con bajas dosis de nitrógeno, se incrementan los costos energéticos de mantenimiento y de absorción de los nutrientes, determinados por un mayor crecimiento del sistema radical. Es probable que esto explique la baja concentración de carbohidratos solubles en la parte aérea de la planta cuando no se aplica nitrógeno (Del Pozo et al. 2002). El nitrógeno aplicado en condiciones favorables para el crecimiento vegetal, proporciona un mayor rendimiento de materia seca y la producción de proteínas a partir de carbohidratos (Havlin et al. 2005).

La variación en la concentración de carbohidratos solubles también se puede ver afectada por la época del año; además de estar influenciada por la evolución o crecimiento de la planta, las condiciones climáticas tienen un efecto muy importante, ya que los carbohidratos solubles se producen en las hojas, gracias al efecto del sol (fotosíntesis), eso significa que durante los días nublados la síntesis de carbohidratos solubles es muy baja (Fernández 2003). El conocimiento de la composición química de los diferentes forrajes y los factores que inciden en las variaciones de los mismos son fundamentales para realizar un manejo racional de la alimentación de animales en pastoreo.

Conclusiones

Las concentraciones de sólidos solubles variaron entre pasturas, siendo el *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II, el que presentó las mayores concentraciones con 9,19 % seguido por *C. nlemfuensis* y *P. maximum* cv. Mombasa con 8,27 % y 7,07 %, respectivamente.

Las concentraciones de sólidos solubles variaron con las horas de evaluación, presentándose en las horas del mediodía las mayores acumulaciones de carbohidratos solubles. Estos resultados deben ser tenidos en cuenta para optimizar los cambios de potreros en el momento de mayor concentración de carbohidratos solubles en un sistema rotacional.

Agradecimientos

El presente trabajo de investigación fue posible por la financiación otorgada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia y el aporte de Corpoica en instalaciones, equipo y talento humano, les expresamos nuestros agradecimientos.

Referencias

- Argel PJ, Miles JW, Guiot JD, Cuadrado H, Lascano CE. 2007. Cultivar Mulato II (*Brachiaria* híbrido CIAT 36087). Gramínea de alta calidad y producción forrajera, resistente al salvazo y adaptada a suelos tropicales ácidos bien drenados. CIAT; [consultado 2013 jul 5]. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_ciat/mulato_ii_espanol.pdf.
- Association of Analytical Communities. 2005. Official methods of analysis. Arlington: AOAC.
- Cajarville C, Britos A, Caramelli A, Antúnez M, Zanoniani R, Boggiano P, Repetto JL. 2007. El horario de corte y el tipo de metabolismo fotosintético afectan la relación azúcares/nitrógeno de las pasturas. Sitio Argentino de Producción Animal; [consultado 2015 jun 10]. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/89-Cajarville.pdf.
- Ciavarella TA, Simpson RJ, Dove H, Leury BJ, Sims IM. 2000. Diurnal changes in the concentration of water-soluble carbohydrates in *Phalaris aquatica* L. pasture in spring, and the effect of short-term shading. *Aust J Agric Res.* 51(6):749-756.
- Del Pozo PP, Herrera RS, García M. 2002. Dinámica de los contenidos de carbohidratos y proteína bruta en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con aplicación de nitrógeno y sin ella. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 36(3):275-280.
- Fernández A. 2003. El efecto de los azúcares solubles sobre la ganancia de peso y su relación con el manejo de los verdeos de invierno. *Desafío.* 219(20):34-37.
- Fulkerson WJ, Slack K, Hennessy DW, Hough G M. 1998. Nutrients in ryegrass (*Lolium* spp.), white clover (*Trifolium repens*) and kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pastures in relation to season and stage of regrowth in a subtropical environment. *Aust J Exp Agr.* 38(3):227-240.
- Franco QLH, Calero DQ, Durán CVC. 2006. Evaluación de tecnologías por métodos participativos para la implementación de sistemas ganaderos sostenibles en el norte del departamento del Valle del Cauca. Palmira: CIAT-Universidad Nacional de Colombia.
- Hannaway D, Fransen S, Cropper J, Teel M, Chaney M, Griggs T, Halse R, Hart J, Cheeke P, Hansen D, et al. 1999. Annual Ryegrass. Oregon State University; [consultado 2013 jul 11]. <https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/17440/pnw501.pdf?sequence=4>.
- Havlin JL, Beaton JD, Tisdale SL, Nelson WL. 2005. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. 7.ª edición. New Jersey: Pearson.
- Holdridge LR. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Capítulo 2. El diagrama de las zonas de vida; p. 13-28.
- Jarrige R, Grenet E, Demarquilly C, Besle JM. 1995. Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères. En: Jarrige R, Ruckebusch Y, Demarquilly C, Farce MH, Journet M, editores. *Nutrition des ruminants domestiques*. Paris: INRA.
- Orskov R, Hovell D, Mould F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Prod Anim Trop.* 5:213-218.
- Sánchez JM. 1998. Calidad nutricional de los forrajes en zonas con niveles bajos de producción de leche, en la zona norte de Costa Rica. *Agron Costarric.* 22(1):69-76.
- Smith D. 1973. The non-structural carbohydrates. En: Butler LW, Bailey RW, editores. *Chemistry and biochemistry of herbaje*. Vol 1. Nueva York: Academic Press. pp. 106-155
- Van Soest PJ. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ª Edición. Nueva York: Cornell University Press.
- Velásquez C, Sierra JO, León F. 2003. Validación de una metodología para determinar en campo el contenido de carbohidratos solubles en especies forrajeras. *Rev Col Cienc Pec* Vol. 16(2003):29.
- Villalobos L, Sánchez MIJ. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agron Costarric.* 34(1):43-52.